

Kisméretű halak manuális és szoftveres morfometriai mérési pontossága

Maroda Ágnes^{1*}, Takács Péter², Sály Péter²

¹ Szent István Egyetem, Állatorvostudományi Kar, Ökológiai Tanszék, Budapest

² MTA Ökológiai Kutatóközpont, Balatoni Limnológiai Intézet, Tihany

* email: maroda.agnes@gmail.com

Kivonat

A hagyományos morfometriai vizsgálatok alapfeltétele a testméretek pontos és megbízható mérése. A mérési pontosságnak kiemelt jelentősége van a kisméretű halak két testoldal közötti összehasonlítására irányuló fluktuáló aszimmetriai vizsgálatokban, ugyanis a véletlen mérési hiba relatív nagysága a mérendő testrészek méretének csökkenésével növekszik. A morfometriai mérések pontossága a kézi mérőeszközökkel végzett mérések helyett nagy felbontású digitális fotóról történő szoftveres mérések alkalmazásával növelhető. Vizsgálatunkban fenékjáró küllő (*Gobio gobio*) halfajon ($n = 25$) négy metrikus karakter kézi digitális tolómérővel és digitális fotókról szoftverrel történt mérésének mérési pontosságát, és a szoftveres mérések kézi mérésekhez viszonyított torzítását hasonlítottuk össze testoldalanként. A négy karakter közül a bal oldali szemátmérő és az ornyílás–szem távolság (mindkét oldal) szoftveres mérési pontossága nagyobb volt a kézi mérés pontosságához képest, míg a jobb oldali szemátmérő, a bajusz- és mellúszóhossz (mindkét oldal) esetén a két módszer pontossága statisztikailag azonos volt. A kézi mérésekhez képest a szoftveres mérések azonban a jobb oldali szemátmérő kivételével minden esetben torzított becslést adtak a karakterek várható értékére, amely a nagy felbontású makrófelvételek perspektivikus torzítására vezethető vissza. A torzítás mértéke pozitív kapcsolatot mutatott a vizsgált karakterek méretével. Ha a kisméretű halak, illetve más gerincesek morfometriai mérésekor a perspektivikus torzítás a digitális fotózás során nem kontrollálható, az időigényesebb manuális mérési módszert célszerű előnybe részesíteni.

Kulcsszavak

perspektivikus torzítás, fluktuáló aszimmetria

Precision of manual and computer-aided morphometric measurement of small fishes

Abstract

Morphometric investigations need unbiased and precise measurement of metric characters. Precision is a key aspect of measurement in fluctuating asymmetry studies in which researchers compare the left and right body parts. Preferring computer-aided measurement to traditional manual measurement can increase precision. Studying four metric characters, we compared the precision of manual and computer-aided measurements, and the bias of computer-aided measurements relative to manual ones, measuring 25 specimens of a small sized fish species, gudgeon (*Gobio gobio*). We found that precision of the manual and computer-aided measurements was statistically the same in the right sided eye diameter, barbel length (both sides) and pectoral fin length (both sides), but different in eye diameter (left side) and nostril–eye distance (both sided). However, compared to the manual measurements, all the computer-aided measurements were biased due to perspective distortion of the digital photos. Bias seemed positively associated to the size of the studied characters. If perspective distortion can not be eliminated in digital photo making, the more time-consuming manual measurements should be used in morphometrical studies of small fishes and other small vertebrates.

Keywords

perspective distortion, fluctuating asymmetry, bias.

BEVEZETÉS

A morfometriai vizsgálatok alapfeltétele a testméretek pontos és torzítatlan mérése. A mérések pontossága (*precision*) alatt az ismételt mérések random szóródásának nagyságát, míg a mérések torzítása (*bias*) alatt az ismételt mérések várható értéke és a mért morfológiai karakter valódi értéke (statisztikai paraméter) közötti különbség nagyságát értjük (Walther és társai 2005).

A mérési pontosságnak kiemelt jelentősége van a tökéletes bilaterális szimmetriától való eltérések tanulmányozását megcélzó fluktuáló aszimmetria (Van Valen 1962, Tomkins és Kotiaho 2001) vizsgálatokban, amikor a jobb és bal oldali testparaméterek értékeinek összehasonlítását végzik el a kutatók. Különösen igaz ez kis méretű élőlények vizsgálatakor, ugyanis a metrikus bélyegek véletlen mérési hibájának relatív nagysága a mért bélyegek méretének csökkenésével növekszik.

Kisméretű élőlények esetén a mérési pontosság növelhető ha kézi mérőeszközök használata helyett nagy

felbontású digitális fotóról történő szoftveres méréssel történik az adatregisztráció. A kézi mérőeszközökkel szemben fotóról történő szoftveres mérések előnye, hogy a mérések gyorsan végezhetőek, a vizsgált példányok újbóli megfogása nélkül reprodukálhatóak, tartósított példányok mérése esetén a vizsgálati példányok az ismételt méréskor nem sérülnek.

A digitális fotóról történő mérések kézi mérésekkel szembeni hátránya, hogy a testméretek a három dimenziós tárgyak két dimenziós síkba való leképezésekor torzulnak (perspektivikus torzítás). Ez részben azt jelenti, hogy a mélységi dimenzió mentén egymástól távol eső részletek aránya a valósághoz képest megváltozik: a nézőhöz közelebb eső részletek nagyobbak, a távolabb esők kisebbnek látszanak. Továbbá két mérési pont közötti síkbeli távolság a két pont közötti valóságos távolsághoz képest annál rövidebb, minél távolabb esik egymástól a két pont a mélységi dimenzió mentén. Valamint közlőről történő fotózásakor a

valóságban egyenes vonalak a képen ívesen látszódnak.

Vizsgálatunk során fenékjáró küllő (*Gobio gobio*) hal-fajon négy metrikus karakter kézi digitális tolómérővel és digitális fotókról szoftverrel történt mérésének mérési pontosságát, és a szoftveres mérések kézi mérésekhez viszonyított torzítását hasonlítottuk össze. Arra kerestünk választ, hogy a nagyobb mérési pontosság érdekében előnybe részesíthető-e a szoftveres mérés az időigényesebb kézi méréssel szemben.

MÓDSZEREK

A 25 fenékjáró küllő példányon mért metrikus morfometriai karakterek: bajuszhossz (BL), szemátmérő (ED), orr–szem távolság (DPNE), mellúszóhossz (PecFL). E karaktereket a test bal és jobb oldalán is rögzítettük. A kézi mérésekhez Berger típusú digitális tolómérőt használtunk. A digitális fotókat 12 megapixelles Fujifilm típusú fényképezővel, makró beállítás mellett végeztük. A szoftveres méréshez az ImageJ programot használtuk (Rasband 1997–2005).

Mind a kézi, mind a szoftveres méréseket ugyanazon személy végezte háromszori ismétlésben. Az egyes mérés-sorozatokban a halak véletlenszerű sorrendbe kerültek lemérésre, testoldalanként külön-külön (azaz egy adott

1. táblázat. A három ismételt mérés átlagát a kézi és szoftveres mérések között összehasonlító páros t-teszt eredményei.

(Magyarázat: Delta: a manuális és a szoftveres mérés átlaga közötti különbség (mm). 95% CI.low és 95% CI.up az átlagok az átlagok közti különbségre (delta) vonatkozó 95% konfidencia intervallum alsó és felső határa. A félkövér p értékek az $\alpha = 0.05$ szinten szignifikáns különbségeket jelölik.)

Table 1. Result of paired t-test for average of 3 repeated manual and software measure.

Változó	t	df	p	delta	95% CI.low	95% CI.up
ED.L	-12.10	74	< 0.01	-0.439	-0.511	-0.367
ED.R	-14.07	74	< 0.01	-0.435	-0.496	-0.373
DPNE.L	1.46	74	0.15	0.030	-0.011	0.071
DPNE.R	4.25	74	< 0.01	0.101	0.054	0.149
BL.L	-8.60	74	< 0.01	-0.557	-0.687	-0.428
BL.R	-6.13	74	< 0.01	-0.432	-0.573	-0.292
PecFL.L	-21.23	71	< 0.01	-1.885	-2.062	-1.708
PecFL.R	-25.36	74	< 0.01	-1.829	-1.973	-1.685

A kézi és szoftveres mérések pontossága közti különbség testoldaltól függetlenül mind a négy karakter esetén 0.1 mm alatt volt. E különbségek az orr–szem távolság (DPNE) esetén mindkét testoldalnál, a szemátmérő (ED) esetén a bal testoldalon bizonyultak szignifikánsnak, míg a többi esetben statisztikailag elhanyagolhatók voltak (2. táblázat).

ÉRTÉKELÉS

Eredményeink szerint a kézi mérés pontossága általánosan nem különbözik számottevően a szoftverrel végzett mérések pontosságától. Azonban a túl kicsi testméretek esetén, mint amilyen az orr–szem távolság, a szoftveres mérések pontosabbak lehetnek, mint a kézi mérések. A túl kicsi testméretek kézi mérésekor a tolómérő mérési pontokhoz történő precíz illesztése okoz nehézséget. Ellenben fotók alapján a mérési pontok precízen és gyorsan

példány jobb és bal oldali testméretének lemérése külön méréssorozatban történt). Mindez példányonként összesen 48 mérés (4 karakter \times 2 mérési módszer \times 3 ismétlés \times 2 testoldal) elvégzését jelentette.

A kézi és szoftveres mérések pontosságát a három ismételt mérés szórásával, míg a szoftveres mérések kézi méréshez viszonyított torzítását a három ismételt szoftveres mérés átlaga és a három ismételt manuális mérés átlaga közti különbséggel számszerűsítettük.

A kézi és a szoftveres mérések pontosságát, valamint a szoftveres mérés manuális méréshez képesti torzítását páros t-tesztelkel hasonlítottuk össze $\alpha = 0.05$ szinten.

EREDMÉNYEK

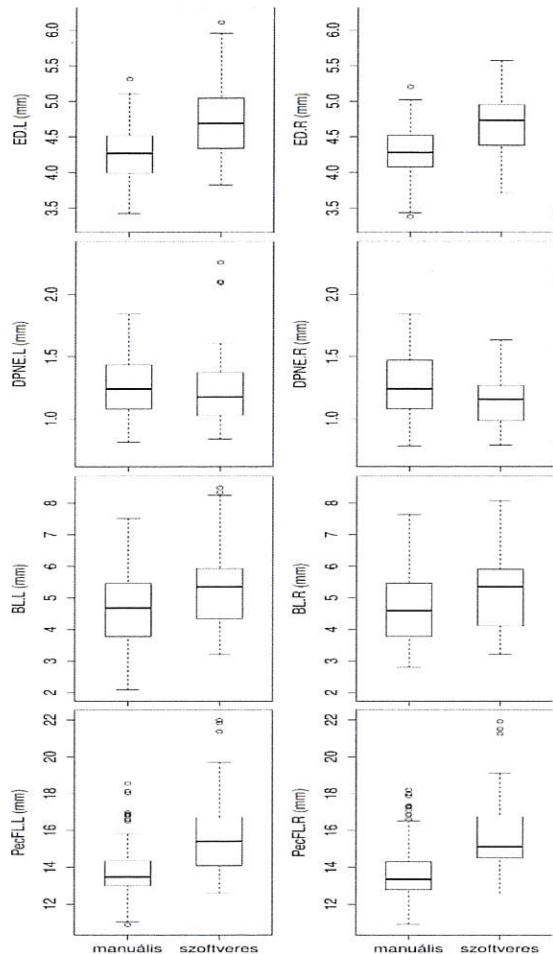
A 25 vizsgálati példány standard testhosszának átlaga és szórása 71.67 ± 8.15 mm volt. A bal oldali orr–szem távolság (DPNE.L) kivételével, a szoftveres mérések jellemzően nagyobbak adódtak, mint a kézi mérések (1. ábra és 1. táblázat). A kézi és a szoftveres mérések átlagai közti eltérés az orr–szem távolság esetén 0.1 mm, illetve az alatti, a szemátmérő és a bajusz hossz esetén 0.5 mm körüli, míg a mellúszó-hossznál közel 2 mm-es értékek adódtak (1. táblázat).

azonosíthatók.

A szoftveres mérések a kézi mérésekhez képest jellemzően nagyobb értéket adnak, azaz a méréseket felfelé torzítják. A mélységi dimenzió mentén egymástól távol eső pontok közötti testméretek esetén, mint amilyen az orr–szem távolság is, ennek ellenkezője léphet fel, azaz a szoftveres mérések a valósághoz képest alulbecslik a mérteteket. Ráadásul a torzítás abszolút mértéke pozitív kapcsolatot mutathat a mért karakterek méretével, vagyis a nagyobb testméretek esetén a két mérési módszer közötti különbség is várhatóan nagyobb lesz.

Mivel a szoftveres mérések torzítása mindkét testoldalon hasonló mértékben érvényesül, a torzítás a metrikus bélyegek fluktuáló aszimmetriai vizsgálataiban a szimmetria detektálását vélhetően nincs hatással, de befolyásolja a két testoldal közti szimmetria-különbség becslését,

azaz a becslt aszimmetria mértékét.



1. ábra A vizsgált morfometriai karakterek manuális és szoftveres 3 ismételt mérésének eloszlása. (Magyarázat: A karakterek pontos neve a Módszerek fejezetben olvasható. Bal oszlopban a test bal oldali (.L), jobb oszlopban a test jobb oldali (.R) értékei láthatók. A karikák a kiugró értékeket jelölik.)

Figure 1. Dispersion of 3 times repeated manual and software measure of examined morphometric characters. (Note: The exact name of characters are found in Method (chapter?). Values of the body's left side are in left column (.L), Values of the body's right side are in right column (.R). Circles marks outliers.)

Ebből adódóan a kisméretű halak és egyéb állatok, pl., nyakörves gyíkok, farkos kétéltűek, fotóról történő szoftveres morfometriai mérése során célravezető a mérések torzítását előzetesen ellenőrizni. Amennyiben a digitális

A SZERZŐK



MARODA ÁGNES Nyiregyházán a Vásárhelyi Pál Építőipari és Környezetvédelmi- Vízügyi Szakközépiskolában érettségizett 2012-ben, majd 2013-ban vízügyi technikus oklevelet szerzett. Ezt követően 2013. szeptembere és 2016. júniusa között a Szent István Egyetem Állatorvos-tudományi Karán tanult biológia alapképzésen, ahol a szakdolgozat készítése során a fluktuáló aszimmetria és a tájhasználat

fotózás során a perspektivikus torzítás nem küszöbölhető ki, akkor a szoftveres méréssel szemben az időigényesebb manuális mérési módszert javasolt előnybe részesíteni.

2. táblázat A három ismételt mérés szórásainak kézi és a szoftveres mérések közötti azonos átlagát tesztelő páros t-teszt eredményei. (Magyarázat: Delta: a manuális és a szoftveres mérés átlaga közötti különbség (mm). 95% CI.low és 95% CI.up az átlagok az átlagok közti különbségre (delta) vonatkozó 95% konfidencia intervallum alsó és felső határa. A félkövér p értékek az alpha = 0.05 szinten szignifikáns különbségeket jelölik.)

Table 2. Result of paired t-test for sd of 3 repeated manual and software measure.

Változó	t	df	p	delta	95% CI.low	95% CI.up
ED.L	2.68	24	0.01	0.064	0.015	0.114
ED.R	1.62	24	0.12	0.048	-0.013	0.110
DPNE.L	4.33	24	< 0.01	0.040	0.021	0.058
DPNE.R	7.42	24	< 0.01	0.085	0.062	0.109
BL.L	0.96	24	0.35	0.043	-0.050	0.135
BL.R	1.52	24	0.14	0.074	-0.026	0.174
PecFL.L	-0.89	23	0.38	-0.039	-0.128	0.051
PecFL.R	-0.51	24	0.62	-0.021	-0.107	0.065

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A halak méréséhez szükséges eszközök rendelkezésre bocsátásáért az MTA Ökológiai Kutatóközpont Balatoni Limnológiai Intézete munkatársainak mondunk köszönetet.

IRODALOM

Bruno A. Walther, Joslin L. Moore (2005) The concepts of bias, precision and accuracy, and their use in testing the performance of species richness estimators, with literature review of estimator performance – *Ecography* 28:815-829

Van Valen, L. (1962) A study of fluctuating asymmetry – *Evolution* Vol. 16, No. 2, 125-142

Joseph L. Tomkins, Janne S. Kotiaho (2001) Fluctuating asymmetry – *Encyclopedia of life sciences*

Rasband, W.S., *ImageJ*, U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA, <http://rsb.info.nih.gov/ij/>, 1997-2005.

kapcsolatával foglalkozott egy benthikus halfaj populációin.

SÁLY PÉTER A Szent István Egyetem Környezettudományi Doktori Iskolájában szerzett doktori fokozatot Erős Tibor és Kiss István témavezetésével. Az egyetem Állattani Tanszékén volt egyetemi oktató 2013-ig, ahonnan az MTA Ökológiai Kutatóközpont Balatoni Limnológiai Intézetéhez került kutatóként. Elsődleges kutatási érdeklődése a folyóvízi halak közösségökológiájára és természetvédelmére irányul.